

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Д. Ю. Зубенко, М. А. Голтв'янський

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
з дисципліни

**ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ**  
**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

*(для студентів 4 курсу денної та 5 заочної форм навчання за напрямом  
підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка» спеціальності  
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)*

Харків – ХНАМГ – 2012

Зубенко Д. Ю. Конспект лекцій з дисципліни «ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ» (для студентів 4 курсу денної та 5 заочної форм навчання за напрямом підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)/ Д. Ю. Зубенко, М. А. Голтв'янський; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. : – ХНАМГ: 2012. – 48 с.

Автор: Д. Ю. Зубенко

Рецензент: доцент кафедри електротранспорту ХНАМГ М. А. Голтв'янський

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,  
Протокол № 1 від 29.08.2010

## Лекція № 1 ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ (РС) МЕТ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1. Ремонт Рухомого Складу (РРС) як засіб зміни його граничного стану.
2. Планово-попереджувальна система, види ремонту, методи ремонту.

3. Сучасний РС – це складні технічні системи тривалого користування. Він складається із механічного й електротехнічного устаткування, пневмо- та гідросистем.

У наслідок цілого ряду факторів РС втрачає свої первинні якості, як з експлуатаційно-технічних показників, так і з надійності.

Відхилення експлуатаційно-технічних показників від номінальних значень свідчить про наявність несправності чи відмови.

Під **несправністю** розуміють такий стан РС, при якому він у даний момент часу не відповідає хоча б одній із вимог, які характеризують нормальне виконання заданих функцій.

Теорії надійності порушення нормальної роботи, при якій агрегат повністю чи частково втрачає здатність виконувати задані функції, і внаслідок виходу з встановлених припущень значення одного або декількох основних параметрів називають **відмовою**.

Як показує досвід, для механічного устаткування характерними несправностями (відмовами) є несправності, які обумовлені змінами геометричної форми і розмірів деталей в результаті їх фізичного зносу.

Фізичний знос відбувається в результаті: 1. Втомлюючого руйнування; 2. Хімічного зносу; 3. Старіння матеріалу; 4. Релаксація (погіршення пружності пружин); 5. Механічний знос:

1. Заглюбуючий знос (окислення);
4. Заїдання (тепловий знос);
5. Абразивний знос;
6. Вісковидний знос (тріння коливання);
7. Кавітаційний знос.

Крім фізичного зносу агрегати РС піддаються моральному зносу (економічному).

**Моральним зносом** називається падіння вартості діючого агрегату під впливом НТП.

Зміни якостей ізоляції характеризує технічний стан електротехнічного устаткування РС.

Під впливом експлуатаційних факторів зміни якостей ізоляції називають старінням ізоляції.

До експлуатаційних факторів відносять вплив електричного поля, тепловий вплив, вплив вологи, вібромеханічний, електродінамічний впливи.

У конструкції електричних апаратів розрізняють магнітні, контактні, дугогасні системи.

Найбільша кількість відмов виникає в контактних системах, які зокрема піддаються механічному зносу, електротермічному зносу і електроерозії.

З часом в міру напруження в технічному стані РС наступає межа, після якої використання його виявляється недоцільним, тому що може привести до плачевних результатів.

**Граничним станом** називається такий стан при якому його подальніше застосування за призначенням не допустиме.

Кількісні значення показників граничного стану визначаються науково-технічною документацією з чого комплекс заходів, спрямованих на переведення РС з граничного стану у справній і називається ремонтом.

Ремонт може бути капітальним або середнім.

2. В Україні прийнята планово-попереджувальна система ТО і Р у відповідності з наказом Державного комітету житлово-комунального господарства України № 120 від 03.12.1991 р. запроваджена планово-попереджувальна система ТО і Р.

К.Р. Тр – 300 000 км, <20 дн.

Тб – 240 000 км, <20 дн.

С.Р. Тр – 100 000 км, 10 дн.

Тб – 80 000 км, 10 дн.

Планово-попереджувальна система рекомендує проведення ремонту РС і його агрегатів доки не буде форсованого зносу базових і основних деталей.

Плановий характер ремонту передбачає заплановані напрацювання РС і його агрегатів до виходу їх у ремонт.

Обсяг робіт при ремонті. Плановий характер сприяє:

- підвищенню ритмічності роботи ремонтних підприємств;
- поліпшенню умов їх забезпечення матеріалами та запасними інструментами і пристосуваннями.

Ремонт РС здійснюється:

1. 3 – дн;
2. ЦРРС

**К.Р.** вид ремонту при виконанні якого відбувається відновлення не менш 80% ресурса із заміною чи відновленням всіх вузлів і деталей, включаючи базові деталі.

**С.Р.** вид ремонту, при якому відбувається заміна або відновлення працездатності окремих вузлів чи агрегатів.

Пробіг між двома суміжними ремонтами називають **міжремонтним пробігом**

Порядком і умовами організаціями Р. визначають методи Р.

За ознакою скорочення належності частин, які ремонтуються, розрізняють:

- знеособлений метод;
- незнеособлений метод.

**Незнеособлений метод** – це такий метод, при якому зберігається належність складових частин, що відновлюються, до того екземпляра, до якого вони належать до ремонту.

**Знеособлений метод** – це такий метод, при якому не зберігається належність складових частин, що відновлюються, до визначеного екземпляра. При знеособленому методі Р спрощується організація ремонту і значно скорочується тривалість перебування РС в Р.

## Лекція №2 ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ РС МЕТ

1. *Склад виробничого процесу.*
2. *Структура технологічного процесу*
3. *Технологічна документація ремонту РС.*

1. Проведення КР зв'язано з виконанням цілого комплексу основних і допоміжних робіт. До комплексу основних робіт слід віднести:

- передремонтне діагностування;
- очищення та миття РС і його вузлів та агрегатів;
- дефектацію й сортування деталей;
- відновлення та виготовлення деталей;
- комплектування деталей;
- складання;

- випробування;
- нанесення лакофарбового покриття після випробування.

До допоміжних робіт відносять:

- транспортування;
- приймання;
- складування ремонтного фонду;
- складування готової продукції;
- контроль якості ремонту;
- матеріально-технічне постачання;
- забезпечення електроенергією,
- забезпечення теплом;
- забезпечення стисненим повітрям.

Сукупність основних і допоміжних робіт, які виконуються в умовах конкретного ремонтного підприємства з метою перетворення несправного РС, який досяг граничного стану, у справний суворо визначеним ресурсом називають **виробничим процесом**.

Виробничий процес у відповідності з керівними документами розробляється до того, як використовуватись йому на ремонтних підприємствах. Встановлюється сувора послідовність виконання основних і допоміжних робіт.

Наприклад:

- 1) перед ремонтне діагностування;
- 2) підготовка РС до ремонту;
- 3) транспортування РС на ремонтне підприємство;
- 4) приймання РС на зберігання, як ремонтний фонд;
- 5) очистка і миття РС;
- 6) розбирання РС на складальні одиниці (вузли і агрегати);
- 7) миття складних одиниць;
- 8) розбирання складальних одиниць на деталі;
- 9) очищення і миття деталей;
- 10) дефектування;
- 11) вибір технології відновлення деталей, які потребують ремонту;
- 12) відновлення деталей, контроль якості ремонту, комплектування, транспортування на ділянку складання, складання вузлів та агрегатів, контроль якості ремонту вузлів та агрегатів, нанесення лакофарбовального покриття, комплектування, транспортування на ділянку складання чи на склад готової продукції;
- 13) складання РС;
- 14) випробування;
- 15) нанесення лакофарбовального покриття;

- 16) контроль якості РРС в цілому;
- 17) обкатка.

2. Виробничі процеси діляться на ряд технологічних процесів. Тому технологічний процес має на увазі частину виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії зі зміни форм, розмірів, якостей матеріалу чи предмету виробництва з метою одержання виробу (деталі чи вузла) у відповідності із заданими технічними вимогами.

Технологічний процес може бути віднесеним до виробу, його складовим частиною чи до методів обробки формоутворення і складання.

До предметів виробництва відносяться, як заготовки, так і вироби.

Правильне розчленування виробничого процесу має дуже важливе значення для раціональної організації Р, зниження собівартості продукції, яка ремонтується, устаткування робочих місць високопродуктивними технологічними пристосуваннями і оснащення.

**Робоче місце** – це елементарна частина структури ремонтного підприємства, де розміщені виконавці робіт, технологічне устаткування, оснастка і предмет праці.

**До технологічного устаткування** відносяться засоби виробництва, в яких розміщуються об'єкти відновлення (металоріжучі станки, зварювальні агрегати)

**Технологічна оснастка** – пристосування, інструмент, які доповнює технологічне устаткування і призначені для виконання технологічних процесів.

**Технологічний процес** складається з технологічних операцій.

**Технологічна операція** – це закінчена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці.

В технологічній документації технологічні операції нумеруються числами, кратними “5” (0; 05; 0,1; 0,15).

Найменування (назва) операції повинна **відбувати** вид устаткування, чи назву процесу, який застосовується, і здійснюється прикметником у називному відмінку (токарна, наплавлювальна операція).

В свою чергу, технологічна операція розподіляється на ряд **елементів**:

- установ;
- позиція;
- технологічний перехід;
- допоміжний перехід.

4. Ремонтна документація уявляє собою комплект документів, встановлених в Україні єдиною системою технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Під ЄСТПВ розуміють сукупність взаємопов'язаних процесів, які забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого

рівня якості при визначених строках обсягу випуску і затратах на основі найновіших досягнень науки і техніки.

До складу ремонтної документації у відповідальності з ДСТУ (ГОСТ) 2 2602-68 входить ЄСКД (Єдина система конструкторської документації) (ДСТУ 2,008-70). ЄСТД (Єдина система технологічної документації) ДСТУ 31008-81, ЄСДП (Єдина система допусків і посадок), державна система забезпечення єдності вимірів (ДСВ), система стандартів безпеки праці (ССБП), галузеві стандарти (ГСТ); комплект нормативно-технологічної документації, комплект технологічної документації.

В комплект нормативно-технічної документації входять документи з планування номенклатури і обсягів відновлення розрахунку затрат праці і грошових коштів, по плануванню потреби матеріально-технічних ресурсів.

Загальна номенклатура нормативно-технічної документації для відновлення деталей включає в себе:

- 1) загальні технічні вимоги на задачу зношених деталей для відновлення (у вигляді галузевих стандартів);
- 2) номенклатура деталей, які відновлюються, на конкретні вироби чи групу виробів;
- 3) нормативи обсягів відновлення (у розрахунку на 100 Р чи виходячи із наявної кількості РС);
- 4) типові норми часу на відновлення деталей (по конкретних технологічних процесах);
- 5) норми витрат матеріалів на відновлення деталей;
- 6) відомість устаткування і оснастки по конкретних технологічних процесах.

Комплект технологічної документації РРС і його складальних одиниць розроблюється в НДКТУ м.Київ.

В комплект входять:

- ◆ технічні вимоги на задачу в Р
- ◆ технічні вимоги на КР
- ◆ технологічні вимоги на КРРС і склад. Од.
- ◆ перелік технологічного устаткування та інструментів, альбом креслять нестандартної технологічної оснастки.



## Лекція № 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ДЕФЕКТАЦІЇ І СОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

1. *Призначення дефектації і технічні умови*
2. *Призначення сортування*
3. *Методи контролю, які використовуються при дефектації*

1. Від технологічного процесу дефектації дуже багато залежить в питанні забезпечення ефективності виробництва.

**Дефектація** – технологічний процес, при виконанні якого визначається технічний стан деталей з метою виявлення дефектів.

**Дефект** – будь-яке відхилення параметрів деталей від величини, встановленої технічними умовами чи робочими кресленнями.

Деталь може знаходитись в одному з трьох станів:

1. деталь придатна (відділ комплектації)
2. деталь непридатна (метал)
3. деталь, що вимагає відновлення (дільниця відновлення).

При дефектації механічного устаткування можуть бути виявлені такі дефекти (5 видів):

- викривлення геометричної форми і розмірів деталей;
- механічне пошкодження, яке може бути явним і прихованим;
- викривлення взаємного розміщення робочих поверхонь деталей;
- зміни фізико-механічних властивостей матеріалу;
- корозійне пошкодження.

Для електротехнічного устаткування характерні дефекти механічної їх частини і ще два види дефектів:

- Зміни властивостей ізоляції;
- Порушення контактного з'єднання в електричних апаратах.

При дефектації керуються технологічними умовами, які повинні бути викладені в керівництві з капітального ремонту рухомого складу (окремо Тр, Тб). Керівництво складається у вигляді карт, котрі по кожній деталі окремо містять таку інформацію:

- загальна відомість про деталі;
- перелік можливих дефектів;
- допустимі розміри деталі і рекомендовані усунення дефектів.

Можливі дефекти деталей визначають, виходячи з досвіду Р і експлуатації рухомого складу. Способи виявлення і усунення дефектів визначають з урахування досвіду роботи ремонтного підприємства виконанням науково-дослідних робіт. Найбільша складність при дефектації – визначення величини граничного зношення, а також величини граничного розміру.

**Граничне зношення** – зношення, при якому деталь буде встановлена при КР на рухомій склад і працюватиме до наступного КР і її зношення не перевищить граничного.

$$d_{(дон)} = d_{(поч)} - U_{дон (вал)}$$

$d_{(дон)}$  - діаметр допустимого значення

$d_{(поч)}$  - початковий

$U_{(дон)}$  – величина допустимого зношення визначається за методикою проф. Єфремова, суть якого полягає у визначенні зношення за міжремонтний період

$U_{(дон)} = U_{(пр)} - U_m$  – величина граничного зношення може бути визначена у момент настання форсованого зносу в залежності від величини напрацювання.  $U_m$  визначається встановленим методом в залежності від величини напрацювання рухомого складу, пробігом міжремонтного періоду (див. прим. 120).

2. При сортуванні деталі розподіляють на придатні, непридатні, а також ті, що потребують відновлення.

Придатні деталі маркуються зеленим кольором, непридатні – червоним кольором, деталі, які підлягають відновленню – жовтим кольором. Деталі, у яких величина дійсного зношення менше ніж величина граничного зношення, придатна дет.  $U_{дон} < U_d$  - потребує відновлення, вибракування ознака – непридатна.

При сортуванні деталей, які потребують відновлення піддаються аналізу і визначенню технології відновлення цієї деталі.

Визначено 2 вида технології відновлення:

- за подефектною технологією;
- за маршрутною технологією

**Подефектна** – технологія, за якою на одному робочому місті відновлюється один дефект на крупногабаритній деталі при дрібносерійному виробництві.

**Маршрутна** – технологія, при виконанні якої на одному робочому місті усувають кілька дефектів малогабаритної деталі при крупносерійному виробництві.

Найчастіше подефектна технологія використовується в ЦРРС (Цех ремонту рухомого складу), спеціальних майстернях.

Маршрутна – на ремонтному заводі.

При сортуванні відбувається накопичення інформації, котрі характеризуються:

- коефіцієнтом придатності;
- коефіцієнтом зміжності
- коефіцієнтом відновлення

Результати дефектації заносять у дефектаційну відомість, де фіксують кількісні її показники.

При маршрутній технології деталі, що потребують відновлення, формують у вигляді маршрутів відновлення.

**Маршрути відновлення** – сполучення дефектів, які визначають технологічний процес відновлення.

Технологія, яка спрямована на усунення певних сполучень дефектів.

Первісним технологічним документом, який визначає перелік дефектів, що усуваються, є Р. креслення. Його розробляють на основі робочих креслень на виготовлення деталей у відповідності з вимогами галузевого стандарту.

На ремонтному кресленні обов'язково повинні бути приведені ескіз відновлювальної деталі, технічні вимоги на відновлення деталі, таблиця дефектів з зазначенням способів їх усунення, умови і перелік дефектів, при яких деталь підлягає вибракуванню, основний технологічний маршрут, який рекомендується.

У технічних вимогах вказують КТХ поверхні, що обробляється (це допустиме відхилення розмірів, шершавість поверхонь, які відновлюються, розкид твердості, допустима наявність пор, раковин і відшарувань, міцність зчеплення найменшого шару при гальванічному покритті і напиленні, допуск розташування поверхонь, який повинен бути витриманий у процесі відновлення).

Ремонтні креслення розробляють у дві стадії: зокрема для дослідного відновлення РО і для серійного РА. На ремонтному кресленні одночасно допускається вказувати кілька варіантів відновлення одних і тих же елементів деталі відповідними роз'ясненнями.

В позначенні цих ремонтних креслень додають через тире римську цифру (І–ІІ–ІІІ і т.д.).

Ремонтне креслення з РА комплектують в альбом по всьому РС і видають масовим кресленням для споживачів.

### 3. *Перший вид дефектів*

Перший вид дефектів досить детально розглянуто при виконанні л.р. № 1, де викладена методика визначення викривлення, як геометричної форми, так і розмірів.

Крім сполучених деталей викривлення геометричної форми спостерігається в експлуатації зношення конічних зубів шестерень редукторних передач.

Із досвіду експлуатації встановлено, що чистота поверхні конічних зубчатих коліс редукторних передач погіршується в зв'язку з їх зношенням. Одним из основних методів контролю цих зубчатих коліс є перевірка зачіплювання у парі або з сталом на контрольно-обкатному верстаті, розміщення і форма плями писання зубчатих коліс регламентована ДСТУ (ГОСТ) 17.58.56.

Пляма контакту в конічних колесах з круглими зубами характеризується: довжиною, формою і розміщенням, а також її поведінкою при роботі редукторної передачі під навантаженням. Довжина плями контакту вимірюється в % від довжини зуба і задається в залежності від жорсткості конічної передачі. Для жорстких передач довжина плями контакту повинна знаходитись в межах 60 – 80 %, для нежорстких – 40-60 % від довжини зуба.

Форма характеризує умови сполучення профілів зубів колеса і шестерні у випадку теоретичного правильного точкового контакту профілів пляма контакту буде мати вигляд прямокутника посередені зуба.

Розташування плями контакту по довжині зуба може бути зміщене до кінця зуба біля внутрішнього його торця, під навантаженням пляма контакту зміщується до широкого торця, в результаті чого навантаження на зуб розподіляється правильніше, в передачах с невеликими навантаженнями пляма контактів може бути розташована і по середині зуба. Вирішальне значення для напрямку переміщення плями контакту по довжині зуба має величина радіусу кривизни зуба у профільному напрямку.

- кількість зубів колеса (шестерні) при малому радіусу кривизни, тобто у великому відношенні контакт плями зміщується до внутрішнього торця колеса незалежно від конструкції передачі, при великому радіусі кривизни, тобто малому відношенні, контактна пляма зміщується до зовнішнього торця.

Поведінка плями контакту повинна бути такою, щоб при зміні взаємного положення шестерні і колеса під впливом деформації пляма контакту зміщувалась би вздовж зуба, не виходячи за межу робочої поверхні. Положення і розміри плями контакту визначається по відтиску, одержаному на бокових поверхнях зубів (шестерні) після нетривалих обертів шестерні.

Для кращої видимості плями контакту бокові поверхні зубів шестерні змазують тонким шаром фарби (суміш свинцевого сурика с невеликою кількістю масла).

Після зняття відтиску записують монтажні дистанції шестерні і колеса, це є об'єктивним показником технічного стану шестерні при порівнянні її з паспортним значенням.

У паспорті кінечної пари також відмічають величину зазора, плями контакту, величину шуму.

### ***Другий вид дефектів***

Наявні механічні пошкодження визначають неозброєним поглядом, основним дефектом є кружні тріщини, злами, пробої.

Приховані дефекти визначають з допомогою дефектоскопів. У ремонтному виробництві застосовують дефектоскопи, які дозволяють виявити скритні дефекти, котрі можуть бути на поверхні і в середині її.

Дефекти, які знаходяться на поверхні деталі, можуть бути виявлені методами:

- магнітної дефектоскопії;
- люмінісцентної дефектоскопії;
- методом фарб.

Внутрішні визначаються з допомогою метода ультразвукової дефектоскопії та шляхом ***спресування*** технічних систем. Детальніше методика визначення технічного стану робочих поверхонь розглядається в л.р.№2.

### ***Третій вид дефектів***

Контроль у практиці розглядають на прикладі деталей класу валів і корпусних деталей. В деталях класу валів найчастіше контролюють неспіввісність шийок і неперпендикулярність фланців до вісі валів.

Зокрема, контроль неспіввісності шийок валів проводять шляхом виміру їх радіального биття з допомогою індикатора шику, як різниця показників індикаторів.

Контроль не перпендикулярності фланця до вісі вала виконують також в центрах, вимірюючи при цьому торцьові биття на певній величині радіуса.

В корпусних деталях контролюють півність отворів непаралельність вісі отворів відносно площини, непаралельність вісів отворів і порушення міжцентрової відстані, неперпендикулярність вісів отвору і площини.

### ***Четвертий вид дефектів***

Може проявлятися у вигляді зміни НВ деталі чи її жорсткості, що стосується, зокрема, ресор, пружин, люлькового підвищувача ТР вагона, зокрема.

Порушення НВ деталей, що дефектуються, контролюють з допомогою універсальних приладів для виміру НВ металу за методами:

- Шара;

- Бринелля;
- Роквелла.

Питання пов'язане з фізико-механічними властивостями пружин (релаксації) викладено в керівництві Л.Р. №4, частина 1.

## Лекція №4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РОЗБИРАННЯ РС МЕТ

1. *Організіція приймання РС в ремонт*
2. *Технологічний процес розбирання*
3. *Механізація робіт з розбирання*

1. У відповідності до певної документації РС МЕТ приймається в ремонт, коли маютьсЯ такі документи:

- акт технічного стану РС;
- довідка про пробіг (напрацювання);
- технічний паспорт на РС (агрегат);
- акт приймально-здавальний (3 екземпляра).

Несправності ремонтного фонду повинні бути тільки наслідком норм експлуатації і натурального фізичного зношення. Ремонтний фонд повинен мати придатні для експлуатації акумуляторні батареї, всі колеса, включаючи і запасні (для ТБ), не повинні мати якихось пошкоджень, висота малюнка протектора шин повинна мати не менш 1 мм.

При наявності аварійних пошкоджень чи укомплектованості дрібними деталями ще не впливає на безпеку руху, приймають в ремонт тільки при наявності письмового дозволу керівника підприємства.

В КР не приймається РС, якщо його базова деталь підлягає списанню на основі дефектів, вказаних в технічних вимогах.

Ремонтний фонд зберігається на складах чи на стояночних майданчиках.

2. Технологічний процес розбирання включає в себе:

1. Розбирання РС на складальні одиниці з подальшим їх миттям в мийних машинах;
2. Розбирання складальних одиниць на деталі з подальнішим їх миттям. Розбирання на складальні одиниці проходить в корпусі розборки чи кузовному цеху. Розбирання на деталі – безпосередньо в цехах (візок – візковий цех).

Основними організаційними формами розбирання є **поточна форма**, яка може бути:

- ◆ однопредметна;
- ◆ багатопредметна;
- ◆ безперервнопочаточна.

**Стаціонарна форма** розбирання може бути:

- ◆ універсальні пости;
- ◆ спеціалізовані пости;
- ◆ змішані пости.

**Пост** – це частина структури ремонтного підприємства, яка призначена для виконання організації технічних процесів, на які мається необхідне устаткування, інструменти і пристосування. На посту може бути 1 чи кілька робочих місць.

При організації розбирання на потоці об'єкти Р можуть бути нерухомі чи рухомі. Поточні лінії можуть бути одно- чи багатопредметними, перервно чи безперервнопоточними.

Розбирання РС на вузли і деталі проводиться в суворій послідовності, передбаченій технологічною документацією.

Проектування технологічних процесів розбирання включає в себе виконання таких робіт:

- вибір метода раціональної організації розбирання;
- вивчення конструкції складальної одиниці, яка розбирається;
- розбивка складальної одиниці на розбиральні групи і підгрупи;
- визначення змісту операції з розбирання і обчислення технічних норм часу на їх виконання;
- розробка необхідного інструмента, пристосувань, технологічного устаткування;
- розробка технічних умов на розбирання складальних одиниць;
- розробка раціональних способів транспортування;
- розробка технологічного планування розбиральної ділянки;
- розробка технологічної документації при розбиранні:
  - ◆ карта ескізів складальної одиниці (КЕ);
  - ◆ маршрутна карта розбирання;
  - ◆ карта типового технологічного процесу (КТТП);
  - ◆ відомість деталей (ВД)

**Сполучені деталі при розбиранні знеособлювати не можна.**

Вони повинні зкріплюватися **контровочним дротом**.

Розбірні деталі можуть входити як в розбірні, так і в нерозбірні з'єднання.

**Розбірні з'єднання** – це такі з'єднання, які розбираються без пошкодження сполучених деталей.

**Нерозбірні з'єднання** – це з'єднання, які виконуються за допомогою зварювання, пайки, склеювання, розвальцювання, гарячих пресових посадок.

Розбірні з'єднання виконуються за допомогою болтів, шпильок. Деталі з гладенькими циліндричними поверхнями з'єднуються за допомогою нерухомих і рухомих посадок. З іншими циліндричними поверхнями вони з'єднуються за допомогою шліців, різьб і додаткових деталей (шпонка, шплінт, клини).

Рухомі розбиральні з'єднання застосовують для деталей з гладенькою циліндричною чи шліцевою поверхнею.

Найменшими з'єднаннями в конструкціях РС є різьбові з'єднання, вони складають 60–70% всіх з'єднань, потім ідуть посадки з натягом, серед них найбільше % попадає на підшипники, шестерні, втулки.

Трудомісткість розбирання всіх перерахованих видів з'єднання складає 60% всієї трудомісткості розборних одиниць.

Що стосується монтажу і демонтажу електричних апаратів, ланцюгів вторичної комутації, то першою його операцією при розбиранні є перевірка наявності всіх маркувань на дротах і відновлення тих, що відсутні.

Технічний процес розбирання електричних схем складають таким чином, щоб виключити можливість пошкодження, як самого устаткування, яке знімається, так і розташованого поряд.

При знятті електричного апарата від'єднують спочатку всі електричні дроти, потім повітропороводи (апарати з пневмоприводом), в останню чергу – кріпінні болти.

3. Для виконання розбиральних робіт застосовують конвеєри, підйомники, кран-балки, естакади, стенди, преси, механічний інструмент (пневмо- чи електрознімач).

Конвеєри розподіляють на вантажоведучи і вантажонесучи.

**Вантажоведучи** – це такі конвеєри, які переміщують РС по колу.

Стенди, естакади класифікують за такими ознаками:

1. за кількістю агрегатів, що встановлюються (одно- і багатомістні);
2. за характером і способом їх кріплення;
3. за призначенням (універсальні і спеціальні).



Основне устаткування для розбирання посадок з натягом є преси і знімальники.

В залежності від розташування штока і напрямку дії, що створювального зусилля, розрізняють **преси**:

- вертикальні;
- горизонтальні.

За характером і використанням преси розділяються на:

- стаціонарні;
- переносні;
- універсальні;
- спеціальні;
- ручні;
- привідні.

**Ручні:**

- рейкові;
- гвинтові;
- ексцентрічні.

**Привідні:**

- пневматичні;
- гідравлічні;
- електромагнітні.

В ремонтному виробництві одержали розповсюдження такі преси:

- А) модель 2153 – гідравлічний вертикальний прес 10 т зусилля;
- Б) ОКС-030 - гідравлічний вертикальний прес 10 т зусилля;
- В) 2459 – стаціонарні вертикальні гідравлічні преси 10, 25, 40 т зусилля;
- Г) 2135 - стаціонарні вертикальні гідравлічні преси 10, 25, 40 т зусилля;

Преси, які розвивають зусилля до 5 т найчастіше є складовою частиною спеціальних стендів для розбирання окремих вузлів РС.

**Знімачі:** з механічним, гідравлічним, пневматичним приводом. Зусилля до 30 т.

В загальному обсязі робіт з розбирання значне місце посідає розбирання різьбових з'єднань, трудомісткість яких складає 40% від загальної трудомісткості робіт з розбирання.

Розбирання різьбових з'єднань здійснюють з допомогою ручного і механізованого інструменту і спеціальних стендів.

Найефективніший ручний інструмент – коловоротні і тріскачні ключи.

Застосування технологічного інструмента скорочує трудомісткість процесу розбирання, він може бути електричним, пневматичним, гідравлічним.

Найбільше розповсюдження одержав електроінструмент (високочастотний – 200 Гц, U=36 В).

Пневматичний інструмент має перевагу через надійність, безпеку і простоту конструкції, але він дуже шумить.

## Лекція №5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РС МЕТ СЛЮСАРНО-МЕХАНИЧНОЮ ОБРОБКОЮ

1. Способи відновлення деталей.
2. Види слюсарно-механичної обробки.
3. Обробка деталей під ремонтний розмір.

1.  $U_{\partial} - U_{\partial_{ол}}$  – потребує відновлення

1). Встановлено, що швидкість відновлення деталі значно нижча, ніж швидкість її виготовлення тому, що при відновленні деталі значно скорочуються витрати на матеріали і повністю виключаються витрати, пов'язані з одержанням заготовок.

2). При відновленні деталі скорочуються витрати, пов'язані з обробкою деталі, бо при цьому обробляються не всі поверхні деталі, а лише деякі, що мають дефекти.

3). Витрати на придбання запасних частин скорочують за рахунок розширення відновлення деталі (витрати на придбання запчастин складають від 40 до 60% від собівартості КРРС).

4) Відновлення деталей дозволяє значно скоротити витрати енергетичних і трудових ресурсів.

Ефективність і якість у значній мірі залежить від технологічних способів обробки, які застосовуються. В залежності від характеру дефектів застосовуються такі способи відновлення (табл.)

Таблиця.1

Способи відновлення деталей

<i><b>Зміни геометричної форми</b></i>	<i><b>Механічні пошкодження</b></i>	<i><b>Корозійні пошкодження</b></i>
1. Слюсарно-механична обробка	1. Зварювання	1. Гальванічне покриття
	2. Пайка	
2. Пластична деформація	3. Зашпарування синтетичним матеріалом	Нанесення лакофарбових покриттів
3. Наплавка	4. Пластична деформація	3. Хімічна обробка
4. Напилення		
5. Гальванічні покриття		4. Напилення
6. Синтетичні матеріали		

Якості ізоляції:

1. Просочування в лаках і компаундах.

2. Слюсарно-механічна обробка, як вид відновлення, в ремонтному виробництві може виступати, чи самостійний вид, а також допоміжний вид обробки. Може застосовуватись окремо:

- механічна;
- слюсарна обробка.

Зокрема слюсарні роботи застосовуються в якості підготовчих чи завершальних механічну обробку.

До слюсарних відносять такі види робіт:

- обпилювання при підгонці пошкоджених частин деталей;
- свердління;
- зенкерування отворів;
- прогонка і нарізання різьбі;
- шабріння, притирання, доводка для приготування поверхонь підшипників ковзання;

До механічної обробки застосовуються як операції зв'язані з підготовкою чи остаточною обробкою деталі, яка відновляється.

У практиці РРС знаходять застосування два способи ремонту із застосуванням механічної обробки:

1. Відновлення сполучених деталей до первісного розміру (ПР);
2. Відновлення деталей до ремонтного розміру (РР);

При цьому застосовуються такі види механічної обробки:

- токарна;
- свердлування;
- фрозерна;
- розточна;
- полірування;
- хоненгувальна.

Механічна обробка деталей пов'язана з вибором виду і режиму обробки. Цей вибір ускладнюється високою НВ, неправомірність розподілу припусків на поверхнях, що обробляються; неоднорідністю фізико-механичних якостей, на різних поверхнях, що відновлюються.

3. В процесі експлуатації РС у більшості сполучених деталей застосовують метод ремонтних розмірів сутність яких, що одна із деталей сполученої пари, яка зносилася (дорогостояча деталь) відновлюється шляхом усунення викривлення

геометричної форми і розмірів, а друга сполучена деталь (дешевша) замінюється новою, у якій розмір повинен бути таким, щоб одержати первичну посадку сполучення (величину зазора).

Питання про те, яка деталь пари підлягає заміні, а яка відновленню, вирішується міркування економічного характера.

Деталі, які відновлюються, можуть мати кілька РР, їх величина і кількість залежать:

- від величини зношення деталі за міжремонтний пробіг;
- від пропуску на обробку;
- від заносу міцності деталі.

$$\text{Перший РР, } D_p \in d_n + 2 (U_{max} + Z) \quad (1)$$

$$= d_n + 2 (U_{max} + Z) \quad (2)$$

Припуск  $Z$  на механічну обробку залежить від виду обробки. Величина механічного одностороннього зносу і тока може бути визначена тільки дослідним шляхом, але при дефектуванні її визначити практично неможливо, тому вводять коефіцієнт *нерівномірності*.

Деякою різновидністю методу ремонтних розмірів є відновлення сполучення деталей методом ДРД (додаткова ремонтна деталь). Цей метод застосовують з метою компенсації зносу робочих поверхонь деталі, а також при заміні зношеної чи пошкодженої частини деталі. У першому випадку ДРД встановлюють безпосередньо на зношену робочу поверхню деталі. Наприклад, відновлюють посадочний отвір під підшипники колювання задніх мостів ступиці коліс, а також отвори зі зношеною різьбою. Якщо на деталі складної форми зношені окремі її поверхні, то її можна відновити шляхом повного видалення пошкоджених частин і постановки замість неї заготовленої раніше ремонтної деталі.

ДРД виготовляється із того ж самого матеріалу, що й пошкоджена деталь. Робоча поверхня ДРД за своїми якостями повинна відповідати якостям ддеталі, що відновлюється. При необхідності повинна піддаватися термообробці.

**Організація робочого місця слюсаря і верстатника** повинна відповідати правилам ТБ. Робоче місце верстатника повинно бути устатковане крім металообробного верстата ще й шафою для інструменту, вантажопідйомником, пристроєм для встановлення на верстаті важких деталей, дерев'яною решітчастою підставкою для ніг. Робоче місце повинно бути освітлене спеціальним світильником. Верстат повинен мати надійне заземлення, частина, що обертається, повинна бути захищена обгороджуючими пристроями. Робоче місце слюсаря повинно бути оснащено тисками, контрольною і перевіркою плити, шафою для вимірювальних приладів і технічною документацією, штативом для

світильника. У приміщенні повинна бути температура не менш 18 - 20 °С, відносна вологість 40 - 60 %.

## Лекція № 6 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВЛЮВАННЯМ

1. *Загальна характеристика зварювання і наплавління, як способу відновлення деталей до первічних розмірів.*
2. *Послідовність виконання технологічного процесу відновлення деталі зварюванням і наплавлюванням.*
3. *Автоматичне електродугове наплавлювання під шаром флюсу.*
4. *Організація робочого місця зварювальних і наплавлювальних робіт.*

1. **Зварювання** – технологічний процес одержання нерозірваних з'єднань твердих металів шляхом встановлення міжатомних зв'язків між деталями, які зварюються при їх місцевому нагріві (механічне пошкодження).

**Наплавлювання** – різновид зварювання. Уявляє собою нанесення шару металу на робочу поверхню деталі, яка відновлюється.

Зварювання і наплавлювання найрозповсюдженіші способи відновлювання. Понад 70% деталей відновлюються цими способами. Це обумовлено:

- простотою технологічного процесу;
- простотою устаткування, яке використовується;
- можливістю відновлення деталей із будь-яких матеріалів, сплавів;
- високою продуктивністю;
- низькою вартістю.

При усуненні механічних пошкоджень зварюванням застосовують такі її способи, зокрема:

- електродугову;
- арганно-дугову;
- зварювання в середовищі вуглекислого газу;
- зварювання під шаром флюсу;
- електро-контактне зварювання.

Для нанесення металічних покриттів на зношені поверхні деталей одержали широке застосування такі види наплавлювання:

- автоматична;
- електродугове наплавлювання під флюсом;
- наплавлення в середовищі CO<sub>2</sub>;

- вібродугове наплавлювання;
- плазмове наплавлювання;
- електроконтактне наплавлювання.

В процесі зварювання наплавлювальний метал і ділянки, які прилягають до нього, нагріваються до температури наплавлювання. При цьому протікають процеси, які дуже шкідливо впливають на якість відновлення деталей. До числа цих процесів відносять:

- металургічні процеси;
- структурні зміни;
- утворення внутрішніх напружень і деформацій в основному металі деталі.

До металургічних процесів відносяться:

- окислення металу;
- вигорання легіруючих добавок;
- насичення наплавленого металу азотом і воднем;
- розбрикування металу.

Окислення металу і вигорання легіруючих елементів відбувається, як результат шкідливого впливу кисню. Це знижує міцність наплавленого металу.

Крім кисню в повітрі знаходиться азот, який утворює нітриди, котрі погіршують пластичність, хоч і збільшують міцність. Для захисту від кисню і азоту застосовують електродні обмазки і флюси, які при плавленні утворюють шлак. Добрі результати дають захисні гази:  $\text{CO}_2$ , аргон. Насичення металу воднем сприяє виникненню в ньому внутрішніх порушень, а також виникненню пор у металі.

Основним джерелом водню є волога, яка проникає в пори електродної обмазки, а також у флюси. Тому їх просушують перед застосуванням. Розбрикування металу відбувається в результаті відновлення окислів заліза вуглецем. При цій реакції утворюється вуглекислий і чадний гази, які розбрикуючись розбрискують і рідні метали. Розбрикування супроводжується втратами присадочного металу.

Щоб зменшити витрати рекомендують при зварюванні застосовувати електроди з підвищеним вмістом вуглецю, дуже ретельно очищати метал від окислів і вводити до складу електродних обмазок і флюсів такі речовини, як марганець і кремній.

Структурні зміни в основному металі зводяться до нерівномірного нагріву деталі в навколошовній зоні. Цю зону називають зоною термічного впливу (ЗТВ).

Механічні властивості деталей в ЗТВ знижуються. Тому необхідно знати від чого залежить ЗТВ, зокрема від:

- хімічного складу металу, який зварюється;
- способів зварювання і їх режимів.

Найбільші розміри ЗТВ мають при газовому зварюванні (до 30 мм), при електродуговій – ЗТВ – 3-5 мм. Розміри ЗТВ зменшуються шляхом правильного вибору режимів зварювання і наплавлювання. Внутрішнє напруження і деформації виникають в деталях в результаті нерівномірного місцевого нагріву і структурних перетворень, які відбуваються в ЗТВ. Місцевий нагрів деталі і структурні зміни в деталі викликають локальні зміни об'єму металу і створюють умови для виникнення внутрішнього напруження. Якщо внутрішнє напруження перевищує межу плинності, то виникають деформації. У ремонтному виробництві їх вплив знижують шляхом нагрівання деталей перед зварюванням і повільним охолодженням після зварювання. Деформації знижують шляхом застосування спеціальних прийомів зварювання і наплавлювання. Так, наприклад, при з'єднанні листів металу невеликої товщини рекомендується застосовувати одноступінчатий метод зварювання.

## ***2. Технологічний процес відновлення деталей РС зварюванням і наплавлюванням включає:***

- 1. Підготовку деталей до відновлення;*
- 2. Безпосереднє виконання зварювальних і наплавлювальних робіт.*
- 3. Обробка після відновлення.*

Обсяг і характер робіт, які виконують при підготовці деталей для зварювання залежить від виду дефекта. Так, наприклад, при заварюванні тріщин необхідно:

- 1) на кінцях тріщин просвердлити отвори діаметром 4-5 мм, для того, щоб тріщина далі не розповсюджувалась;
- 2) розробляють тріщину шліфувальним кругом.

При товщині стінок деталей 5 мм тріщину можна на розроблять, а обмежитися тільки зачисткою її кромки. При товщині більше 5 мм виконують V-подібну розробку, а при товщині понад 12 мм виконують X-подібну розробку.

При відновленні різби діаметром менш 20 мм підготовка до зварювання полягає у видаленні старої різби сверлінням з подальшою розробкою кромки свердлом більшого діаметра.

Підготовка зношених поверхонь деталей до наплавлювання полягає в їх механічній обробці і очищенні від забруднень і окислів. Порядок виконання зварювальних наплавлювальних робіт залежить від обраного способу зварювання чи наплавлювання. Особлива увага при цьому повинна бути приділена вибору матеріалу електродів і присадочних прутків, тому що від них залежить якість відновлення деталей.

Велику увагу слід приділити вибору засобів захисту матеріалу від окислення і визначення параметрів режиму зварювання і наплавлювання. Зокрема, діаметр вибирають в залежності від товщини деталі, яка відновлюється.

При зварюванні деталей товщина до 4 мм діаметр електрода приймають рівним товщині відновлювальних деталей (тобто до 4 мм).

Зварювальний струм вибирають в залежності від типу и діаметру електрода, виходячи із припущень, що цільність струму повинна знаходитись в межах  $(10-20)A/mm^2$ .

Для діаметра до 5 мм існує аналогічна залежність  $I=md$ .

Де  $I$  – величина зварювального струму

$d$  – діаметр електрода ( $= 1, 2, 3, 4, 5$ )

$m$  – коефіцієнт пропорційності, який знаходиться в межах 30-50 для електродів з крейдяною обмазкою;  $m = 35 - 65$  з якіснішою обмазкою з додаванням присадок.

### ***Автоматичне електродугове електронаплавлювання під флюсом***

При цьому способі наплавлювання механізоване:

1. переміщення електрода вздовж зварювального шва;
2. подача електрода до деталі в міру його оплавлення

Ці два механізовані процеси – синхронні.

Деталь при цьому виді зварювання і наплавлювання встановлюється в патроні чи в центрах спеціально переобладнаного токарного верстата.

Наплавлювальний агрегат марки А-580М чи ПАУ-1 встановлюють на супорті верстата. Електродний дріт подається із касети роликками наплавлювального апарата в зону горіння електродуги. Рух електрода вздовж зварювального шва досягається за рахунок обертання деталі. Переміщення електрода по довжині наплавлювальної поверхні забезпечується за рахунок позовженого руху супорта верстата. Наплавлювання проводиться гвинтовими валиками зі взаємним їх перекриттям на  $1/3$ .

Флюс в зону горіння подається із спеціального бункера, т.ч. електродуга горить під шаром флюсу. Газы, які при цьому виділяються, утворюють під зварювальною ванною так званий зв'яз, який обмежує зверху рідким шлаком, а знизу – розплавленим металом. В зоні зварювання завжди надлишковий тиск, який таким чином перешкоджає доступу повітря до розплавленого металу.

Наплавлювання під флюсом забезпечує найбільш високу якість металу. Повільне охолодження сприяє найбільш повному виділенні газів і повнішому протіканні дифузійних процесів легірування металу.

В результаті цього наплавлювання одержуємо рівномірно наплавлений шов як за хімічним складом, так і за його якістю.

Перевагами автоматичного наплавлювання під шаром флюсу є висока продуктивність процесу, коефіцієнт наплавлювання в 1,5 рази вище, ніж ручним наплавлюванням. Істотним недоліком наплавлювання під флюсом є те, що деталі



діаметром менш 500 мм під шаром флюсу немає можливості робити наплавлювання тому що не тримається флюс на дузі.

### ***Зварювання і наплавлювання в середовищі захисних газів***

Для захисту розплавленого металу при зварюванні і наплавлюванні від впливу  $O_2$ ,  $N$ ,  $H_2$ , які знаходять в повітрі використовуються захисні гази.

Найбільше застосування в ремонтному виробництві знаходять автоматичні і напівавтоматичні зварювання і наплавлювання в середовищі захисних газів, зокрема,  $CO_2$  і аргону.

Автоматичне наплавлювання в середовищі  $CO_2$  застосовується при відновленні зношених деталей. Для цієї ж мети використовують аналогічні зварювальні апарати (А-580М, ПАУ-1) с цією різницею, що на них встановлюються спеціальні мундштуки для подачі в зону горіння захисних газів. Переміщення деталі здійснюється на переобладнаному токарному верстаті, в патроні, яким закріплюється деталь, а на супорті встановлюється зварювальний апарат.

Подача  $CO_2$  чи аргону здійснюється за такою схемою: від балону газ поступає безпосередньо до підігрівача, осушителя, потім до редуктора, де одержується тиск до 3-4 атмосфер, через ротаметр, через мундштук і подається в зону горіння (схема автоматичного наплавлювання показана в керівництві до лабораторної роти). (Підігрівають, тому що при зниженні тиску різко падає температура).

Крім автоматичного застосовуються напівавтоматичні апарати, до яких можна віднести такі: А-547Р, А-825Р, А-5374У, ПДТ-302.

Як джерело струму при зварюванні і наплавлюванні застосовується зварювальні перетворювачі, зварювальний випрямляч з жорсткою зовнішньою характеристикою.

При зварюванні застосовують електродний дріт таких видів: С308ГС, СВ08Г2С, СВ82ГС. При наплавлюванні застосовують легірований дріт СВ18ХГСА, Н<sub>г</sub>-65Г. Режим наплавлювання в середовищі  $CO_2$  визначається такими ж параметрами, що і під флюсом, але особливості, зокрема:

- діаметр електродного дроту рекомендується застосовувати не більше 0,8–2мм;
- величина зварювального струму знаходиться в межах 70 – 200 А при  $U=20V$ ;
- швидкість наплавлювання знаходиться в межах 80 – 100 м/г.
- витрата газу знаходиться в межах 10 м/хвил.

#### **Переваги цього метода**

- значно менший нагрів деталі;
- більш висока продуктивність праці;
- можливість наплавлювання при діаметрі деталі менш 50 мм;
- відсутність такої трудомісткої операції як видалення шлакової кірки;
- підвищене розбризкування металу;
- необхідність застосовувати легіровані електроди для наплавлювання металу.

## Лекція № 7 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНІЧНИМ ПОКРИТТЯМ

1. *Практична значимість гальванічних покриттів і їх фізична сутність.*
2. *Технологічний процес нанесення гальванічних покриттів.*
3. *Хромування.*

1. У ремонтному виробництві РС відновлення деталей гальванічним покриттям застосовується хромування, залізнування, нікелювання, для усунення змін геометричної форми і розмірів, для усунення корозійних пошкоджень Х, Н, М, Ц, В, Ф.

Таким чином при дефектуванні на основі статистичних даних порядку 75-80% деталей, які направляються на відновлення, мають величину зношення 0,5-1,5 мм. Цей діапазон підлягає відновленню краще за все гальванічним покриттям.

Доцільність гальванічних покриттів пояснюється тим, що

1. відсутній термічний вплив на деталі, тобто немає ЗТВ;
2. одержання великої точності заданої товщини покриття;
3. одночасне відновлення великої кількості деталей;
4. можливість автоматизації технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів.

Як спосіб відновлення деталей гальванічними покриттями мають свою теорію, вона базується на законах електролізу, законах Фарадея. 1938 – Якобі замінив ці закони в техніці,

металів, які необхідні для покриття деталей.

Катодом при гальванічних покриттях запропановано застосовувати деталь, яка відновлюється, а анодом є пластини того металу, котрим відбувається відновлення. Практика показала, що доцільно застосовувати анодні пластини не тільки із того металу, котрим наноситься покриття, але і так звані нерозчинні електроди (аноди). І покриття відбувається за рахунок електролізу. Такими нерозчинними електродами можуть бути пластини із свинцю і сурьми. При протіканні – току через електроліт на катоді розряджається “+” заряджені іони й природно виділяється метал і водень. На аноді відбувається розряд мінусово заряджених іонів і виділення кисню. У відносності із законом Фарадея

- сила струму
- час проходження
- електрохімічний еквівалент

При проходженні однієї й тієї ж кількості електроенергії через різні електроліти масу які виділилися на катоді, чи розчинилися на аноді при проходженні через

електроліт через одиниці кількості електроенергії, називається електрохімічним еквівалентом.

Металеві покриття, які утворюються при електролізі, мають кристалічну форму (кристалічну структуру). Але їх кристалічна решітка в значній мірі спотворена через наявність внутрішніх напружень, а це приводить до того, що покриття є крихким і твердим. На величину внутрішніх напружень суттєвий вплив має режим нанесення гальванічних покриттів. Питання оптимізації цих параметрів можна вирішувати шляхом комп'ютерної техніки.

2. Технологічний процес включає в себе такі технологічні операції:

- 1) підготовка деталей к нанесенню покриттів;
- 2) нанесення покриттів;
- 3) обробка деталей після покриття.

Підготовка деталей для нанесення гальванічних покриттів включає в себе:

- 1) механічну обробку поверхонь, які підлягають покриттю;
- 2) очищення деталей від окислів і попереднє знежирювання;
- 3) монтаж деталей на підвісне пристосування;
- 4) ізоляція поверхонь, які не підлягають покриттю;
- 5) остаточне обезжирювання і промивання проточною гарячою водою;
- 6) анодна обробка (активація).

Активацію проводять для видалення окисних плівок з поверхонь деталей і забезпечення таким чином найбільш міцного зкріплення гальванічних покриттів з деталлю. Анодна обробка в різноманітних ваннах проводиться по-різному. Так, наприклад, при хромуванні анодну обробку виконують в основному електроліті, при цьому деталі завішують у ванну, прогрівають протягом 1 – 2 хвилин без надачі електричного струму в ланцюг, а потім піддають обробці протягом 35 – 45 сек. При анодній щільності 25 – 35 А/дм<sup>2</sup>. Не виймаючи деталі із електроліту, переключають їх на пряму полярність і т.о. приступають до нанесення покриттів.

При залізнінні і нікелюванні активацію проводять в спеціальній ванні, в якій електролітом є 30% розчин сірчаної кислоти. Протягом 2 – 3 хвилин при температурі 20<sup>0</sup>С і анодною щільністю 60/70 А/дм<sup>2</sup> проводять анодну обробку. Після цього деталь промивають в холодній, а потім в гарячій воді при температурі 50 – 60 <sup>0</sup>С. Прогріта таким чином деталь поступає в основу вантажу залізнення чи нікелювання, але після витримки до 30 сек. Подають напругу.

Напругу подають поступово. Спочатку протягом до 5 хвилин підвищують катодну щільність на 10%, а потім поступово нарощують її до величини встановленої основним режимом роботи.

Обробка включає в себе наступне:

- нейтралізація деталей від залишків електроліту;
- промивка деталей в холодній і гарячій воді;
- демонтаж деталі і підвісного пристроювача;
- видалення ізоляції з поверхні деталей;
- механізація обробки до потрібного розміру;
- термічна обробка при необхідності.

Даний технологічний процес є практичним для будь-якого з покриттів, але можуть бути окремі операції, зв'язані з особливостями технологічного процесу.

## Лекція № 8 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ (ПС) ГАЛЬВАНІЧНИМ ПОКРИТТЯМ

1. *Особливості технологічного процесу відновлення деталей січенням;*
2. *Особливості технологічного процесу відновлення деталей залізуванням;*
3. *Особливості технологічного процесу відновлення деталей нікелювання.*

75 – 80% дет I дійсно 0,5 – 1,2; к 0,5; ж 2; Н – 1,2 ат.

Відновлення деталей хромуванням має цілий ряд переваг:

- велика зношеність (у 2-3 раза більш ніж сталь);
- висока твердість покриття (МВ = 400-1200);
- висока теплоємність;
- висока кислотність (крім HCl);
- висока з'єднальність з будь-якими чорними металами.

До недоліків:

- низька працездатність 0,03 мм/г, це пояснюється низьким еквівалентом  $C=0,324^2 \text{Аг}$ . Тому вихід по струму складає 12 – 15%;

- неможливість відновлювати деталі з великим зношенням. Оптимальне значення 0,3 – 0,4 мм (тобто з'являється внутрішня напруга і, погіршується зчіплення (з'єднання).

Особистістю відновлення деталей хромуванням є те, що Cr осідає не з резервів солі, а з хромової кислоти  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ( $\text{C}_2\text{O}_3$  – хромовий ангідрид +  $\text{H}_2\text{C}$ ). При цьому необхідно вирішити ряд конструктивних особливостей, зокрема застосувати так званий **нерозчинний анод**, виготовлений з свинцю. Площа нерозчиненого аноду з.б. більше у 1,5 гр площі відновлених деталей (катода). Через те, що процент

покриття Cr здійснюється не за рахунок аноду, а за рахунок розчину електроліту періодично доводиться контролювати склад електроліту і його коректування. Зараз для цього застосовується комп'ютерна техніка, тобто режим роботи контролюється (склад t-ра).

Замість електроліту застосовується хромовий ангідрид  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ( $150 - 400 \text{ кг/м}^3$ )  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $1,5 - 4 \text{ кг/м}^3$ ). Варто зазначити, що співвідношення  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  повинно знаходитись в межах ( $1:10 +20$ ).

В ремонтному виробництві зустрічаються гальванічні ванни з хромовим покриттям:

1. низької концентрації –  $150 \text{ кг/м}^3 \text{ Cr}_2\text{O}_3 : 1,5 \text{ кг/м}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ . Ця ванна більше впливає  $\text{Cr}$  по струму, забезпечує велику твердість та зносостійкість. Істотним недоліком є кількість коректування електроліту (тобто не допустити зменшення концентрації);

2. високої концентрації –  $350 \text{ кг/м}^3 \text{ Cr}_2\text{O}_3, 3,5 \text{ кг/м}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ . Такі ванни забезпечують невисоку твердість і невисоку зносостійкість, низький вихід Cr по струму. Застосовуються для захисно-декоративного покриття.

3. електролітні з середньою концентрацією  $250 \text{ кг/м}^3 \text{ Cr}_2\text{O}_3, 2,5 \text{ кг/м}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ . Ванни за своїми властивостями займають проміжну густоту (плотність). Їх застосовують як при нанесенні зношеного покриття, так і захисно-декоративного. Такі ванни називають універсально-електролітні. Властивості Cr покриття залежать не тільки від густоти електроліту, але і від катодної густоти.  $\text{Дк/дм}^2$ , але й від t, C. (Тільки в гальваниці і шкіряному виробництві суттєва одиниця площі – дециметр).

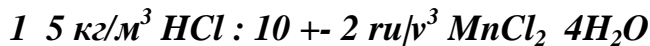
Як видно з графіка, сірий осадок Cr одержують при високій катодній густоті і низькій температурі. Вони відрізняються дуже високою твердістю. Сірий осадок не знаходить застосування в ремонтному виробництві. Блискучий осадок характеризується твердістю  $H_v = 600 - 900 \text{ Од}$ . На поверхні видно мікроскопічно дрібну сітку трещін, котра є результатом дії розтягування при відновленні. Цей участок є характерним і застосовується для відновлення зношених деталей. Участок (дільниця) з молочним кольором має твердість покриття  $H_v = 400 - 600 \text{ Од}$  і є найбільш пластичним та менш зношувальним. Застосовується для захисту від корозій. Практика в галузі гальванічного покриття зараз розвивається на основі науки і техніки в таких напрямках:

1. Хромування на струмі переменної полярності (реверсивне хромування);
2. Хромування в саморегулюючих електролітах, зокрема сірчанокислий стронцій до електролітів;
3. Хромування у трьоххроматному електроліті  $\text{Na}_2\text{O } 4\text{Cr}_2\text{O}_3$ ;
4. Хромування в електрозвуковому полі.

### **Особливості залізнення**

- вихід металу по струму  $\eta = 85 - 90\%$ ;
- висока швидкість покриття  $0,3 - 0,5$  мм/ч;
- висока зносостійкість;
- можливість нанесення покриття товщиною  $1,5 - 2$  мм;
- застосування простого і дешевого електроліту (зокрема  $\text{FeCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – хлористого Fe містить невелику кількість HCl, а для підвищення зчеплення з деталлю застосовується  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  і для підвищення зносостійкості додають хлористий Ni  $\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).

Концентрація HCl  $1,2 - 1,5$  кг/м<sup>3</sup>. При більш низькій місткості HCl різко зніжується вихід металу по струму і погіршується якість покриття. При підвищенні наявності HCl також знижується коефіцієнт виходу металу по струму, але якість покриття не погіршується. Оптимальний режим електроліту  $200 - 400$  кг/м<sup>3</sup> солі Fe.



Також кількість солі хлористого Ni. Озалізнення проводиться з розчиненими анодами, виготовляють з маловуглицевої сталі (ст. 8 – ст. 10).

Властивості покриття Fe залежать від катодної щільності і, зокрема, твердість покриття збільшується при збільшенні катодної щільності і поніженні температури електроліту.

## **Лекція №9 ВІДНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПРОСОЧУВАННЯМ**

1. *Технологічний процес відновлення засобів ізоляції просочуванням і компаундуванням.*
2. *Короткий аналіз існуючих способів просочування в лаках.*

Розслоюються, втрачають еластичність і ел/техничну міцність. Для подовшення строку служби ізоляції треба в процесі ізоляцію своєчасно очищувати від бруду, пилу, не допустимого перегрівання, слідкувати за кріпленням обмоток (щоб не було перетирання ізоляції внаслідок їх послаблення).

**Просочування** – це технологічний процес, який включає в себе такі технологічні операції:

- попередня сушка;

- заповнення пор і порожнин в матеріалах (лаком, компаундом);
- сушка з наміром видалення розчинника;
- лакування;
- остаточне опорядження ізоляції при приведенні відповідних засобів поверхні обмоток.

Сушка і просочування ізоляції необхідна для підвищення її діелектричності і механічної міцності, хіміко-стійкості і вологосності, теплопровідності, тобто всього комплексу засобів, які визначають якість ізоляції, її надійність і довговічність. Поліпшення характеристик ізоляції при просочуванні пов'язано з витисненням повітря і пару вологи з пор і порожнин ізоляції і заповнення їх твердою основою лаку або компаунду, які склеюють частки і окремі шари ізоляції в єдиний моноліт і захищають її від безпосередніх дотиків з N або інших компонентів  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ . Якість поросочування визначається ступенем заповнення пор і пустот лаком або компаундом. Матеріали для просочування ізоляції і технічний процес вибирають і розробляють в залежності від:

- конструкції обмоток;
- призначення обмоток;
- класу ізоляції.

Прийнято, що в лаках просочують цієї обмотки електричних машин, незважаючи на те, що просочування процес тривалий, трудоміський. Справа у тім, що при нагріванні компаунди стають еластичними і текучисті, тобто м.б. період, що всі щілини в електричних машинах будуть заповнені компаундом. З цих міркувань компаунди застосовуються тільки для просочування статичних електричних апаратів. Компаунди не мають у своєму складі летючих речовин, тому вони забезпечують велику монолітність ізоляції, а сам процес просочування може бути одноразовим. Попередня і проміжкова сушка просочуваних обмоток проводиться здебільшого в електропечах. Конструкція їх викладена в описанні до керівництва лаб. Роботи (ч.1 №8). Електропіч являє собою камеру з надійною ізоляцією, зовнішнє повітря у яку надходить через фільтр і потрапляє в теплообмінник, де повітря підігрівається електронагрівальними елементами і надходить в сушильну камеру. Обмотки разом з ротором або ж катушками електричних апаратів подаються в камеру. На візку через вхідний отвір, що закривається плитою. Завдання сушки визначається її призначенням, так попередня сушка для інтенсивності процесу проводиться при температурі тех. допустимой за умовами обуглювання ізоляції. Сирі обмотки спочатку сушать при зниженій температурі для уникнення роздування ізоляції паром вологи.

Тривалість сушки залежить від багатьох факторів:

- від наявності в ізоляції пару вологи;
- розміру і форми обмоток;

- складу ізоляції;
- від швидкості циркуляції і разовості обміну повітря;
- теплоємності сердечника та інше.

Тому у кожному випадку тривалість сушки підбирають експериментально і контролюють періодичними замірами опору ізоляції і температуру обмоток.

За цими замірами будують криві сушки, які мають вигляд:

Періодичність сушки складається з двох етапів.

1. Нагрівання обмоток, коли їх температура поступово росте і при досягненні певного значення (точка А) встановлюється якесь постійне значення. На цьому етапі опір ізоляції поступово падає до якогось критичного рівня (точка В), потім настає другий етап, при якому опір ізоляції поступово зростає і досягає усталеного значення (точка С<sub>1</sub>). Ця точка характеризує закінчення процесу сушки.

Технологічне просочування в лаках оцінюється ступенем просачіваємості лаку і його затності заповнення пор і порожнин твердою основою. Краща технологія просочування та, яка забезпечує глибоке проникнення лаку в ізоляцію при його великій вязкості.

2. Зараз у ремонтному виробництві знаходять застосування декілька способів просочування обмоток електричних машин у лаках:

- фарбування пензлем (маслофактивний);
- просочування зануренням у бак з лаком (при атмосферному тиску);
- просочування зануренням у бак з лаком при підвищеному тиску;
- вакуумно-нагнітальне просочування (передова технологія).

Просочування під тиском проводиться в автоклавах з кришкою, яка закриває герметично. В автоклав занурюють заздалегідь просочені обмотки, потім утворюють тиск близько 6 – 7 МПа. Це сприяє проникненню лаку в пори і порожнини. Кращі результатів досягають при вакуумно-нагнітальному просочуванні, при якому в такому ж автоклаві заздалегідь утворюють вакуум (розрідження) при допомозі вакуумних насосів. Попередній вакуум забезпечує майже повне видалення газових складників. Тиск, утворений після заливки лаком, під вакуумом забезпечує примусове глибоке проникнення лаку в ізоляцію.

Недоліком цього просочування є те, що воно вимагає складного обладнання. Для поліпшення технологічного процесу часто вакуумно-нагнітальне просочування поєднують з вакуумною сушкою. Це сприяє збереженню устаткування і виробничих площин. У такому випадку автоклав дообладнують паровим, рідким або електричним підігрівом.



Проміжна і кінцева сушка обмоток після просочування в лаках таким чином забезпечує:

- видалення з лаку розчинників;
- полімеризацію (затвердіння основного компоненту лаку).

Відповідно до цього сушка має 2 стадії:

1. на першій стадії температура обмоток збільшується до 70-80<sup>0</sup>С. Як засвідчила практика, ця температура цілком достатня для видалення летючих речовин.

- не викликає бурхливого випарування розчинника.;
- не допускає утворення на поверхні обмоток кірки без утруднень летючих речовин з углибини ізоляції.

Сушка проводиться у тих же печах, що й попередня сушка обмоток з дотриманням вимог вентиляції робочого обсягу печі.

2. Вимогою другої стадії є полімеризація смоли. Вона проводиться при технічно-допустимих нормах:

для ізоляції класу А температура 120 – 130<sup>0</sup>С

В температура 150 – 170<sup>0</sup>С

С температура 190 – 200<sup>0</sup>С

Процес сушки поліпшується з підвищенням температури полімеризації. При цьому краще при наявності повітря. Таким чином з короткого аналізу існуючих способів просочування перевага віддається вакуумно-нагнітальному просочуванню.

Просочування компаундом є більш досконалим способом просочування тому, що:

- розплавлений компаунд проникає в пори і порожнини, повністю заповнює їх;
- для охолодження компаунду достатньо охолодити катушку; не вимагається сушка;
- не допускає пор, монолітна, вологостійка, теплопровідна, механічно стійка.

## Лекція № 10 ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РС НАПИЛЕННЯМ

1. *Фізична сутність процесу і практична спрямованість, короткий аналіз наявних способів.*
2. *Технічний процес відновлення деталей напиленням.*
3. *Організація робочого місця при напиленні.*

1 Фізична сутність процесу полягає в нанесенні заздалегіть розплавленого металу на спеціально підготовлену робочу поверхню деталі струмом ситнутого повітря або газу.

Суттєві недоліки:

- знижена механічна міцність покриття;
- невисока міцність зчиплення з поверхнею деталей.

Переваги:

- висока продуктивність;
- незначний нагрів деталей (до 200<sup>0</sup>С);
- простота тех. процесу;
- простота застосування устаткування;
- можливість нанесення покриття до 10 мм;
- нанесення можна робити з будь-яких металів і сплавів.

Залежно від виду теплової енергії, що використовується в апараті, розділяють такі способи напилення:

- газополум'яне;
- електродугове;
- високочастотне;
- детонізаційне;
- плазмове;
- іонно-плазмове.

**Газополум'яне** напилення здійснюється за допомогою спеціальних апаратів МГН-2, МГН-5.

Основні переваги:

- невеликий окис металу;
- дрібний його розподіл;
- достатньо висока міцність покриття.

Недоліки:

- порівнено невисока продуктивність (від 2 – 4 кг/год).

**Електродугове** напилення проводиться спеціальними апаратами вітчизняного виробництва. Ручні – ЕМ-9, ЕМ-14      Верстатні: ЕМ-6, ЕМ-12.

Переваги:

- висока продуктивність (3 – 14 кг/год).
- висока температура електричної дуги сприяє нанесенню покриття з дугоплавких металів;
- простота застосованого устаткування.

Недоліки:

- підвищена окисленість металу;
- значне вигорання легіруючих елементів;
- знижена міцність покриття.

Названі 2 способи застосовуються в ремонті РС.

2. Техпроцес засереджує у собі:

- підготовку деталі до напилення;
- нанесення покриття одним з описаних способів;
- обробку деталі після нанесення покриття.

Підготовка служить для забезпечення міцного зчеплення і включає в себе:

- знежирювання;
- очищення від бруду;
- механічну обробку;
- створення шорсткості на поверхні деталі.

Нанесення покриття на поверхню деталі проводить у спеціальних камерах або на переобладнаних токарних верстатах. Фізико-механічні властивості напилення отримують шляхом оплавлення покриття. При цьому плавляться лише найбільш легкоплавкі складники сплаву. Унаслідок оплавлення значно підвищується міцність, механічна міцність, зношеність покриття. Оплавлення проводять кисневим щільненням, плазмовим струменем або струмами високої частоти або ж у нагрівальних печах.

**Високочастотне** напилення засноване на використанні принципу нагріву при плавленні вихідного матеріалу для покриття. Ним може бути дріт діаметром 3 – 6 мм. Робиться струменем тисненого повітря апаратами МВУ-2, МВУ-4.

Переваги:

- невелике окислення металу завдяки можливості регулювати температуру його нагріву;
- досить висока міцність покриття.

Недоліки:

- невисока продуктивність;
- складність і висока вартість устаткування.

**Детонаційне** напилення – розплавлення металу за рахунок суміші газів (ацителен + кисень у певних пропорціях). Вибух у суміші газів проводиться у камері апарату, куди заздалегідь вводять при допомозі струменя азоту, спрямований гранульований порошок.

При ударі об деталь  $E_k$  переходить в  $E_t$  (теплову). Джерела порошку при цьому нагріваються до  $400^{\circ}\text{C}$ , цей процес повторюється 3 – 4 рази за секунду.

Переваги:

- висока продуктивність;
- висока міцність зчиплення;
- нагрів деталі менш ніж  $200^{\circ}\text{C}$ .

Недоліки:

- високий рівень шуму, що вимагає звукоуловлюючих камер.

**Іонно-плазмове** напилення проводиться у вакуумній камері, де напилюваний метал за рахунок електричної дуги переводиться у плазмовий стан, який під тиском магнітного поля соляної кислоти прискорюється у своєму русі і відновлює деталі завдяки тому, що на неї подано “-” потенціал від струму живлення.

У ремонтному виробництві є промислові установки, названі “Пуск-77”.

Пристрій, у якому отримують плазму, називається плазмотрон. Як плазма, утворюючий газ застосовують азот і метал-дріт, гранульований порошок. Продуктивність залежить від матеріала, з якого виготовлено порошок, від деталі її розмірів, від режиму роботи плазмотрону.

Переваги:

- висока продуктивність;
- змога нанесення іншими покриттями;
- повна автоматизація.

Недоліки:

- висока вартість.

У ремонтному виробництві застосовуються установки УПУ-3Д, УМП-5, від правильно вибраних матеріалів залежить міцність напилення. Так при газоплазмовому напиленні використовується дріт, який також застосовується при електрично-дуговому і високочастотному напиленні. Середньовиглецевий дріт при посадочних місцях.

Для деталей, що працюють в умовах тертя, рекомендується сталевий дріт з підвищеним складом вуглецю. На практиці застосовують композиційні сплави як Ni так і Fe.

Найбільшу механічну міцність мають з плазмового напилення.

## Лекція №11 ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

1. *Відновлення розмірів зношених деталей.*
2. *Відновлення форми робочої поверхні деталей.*
3. *Відновлення механічних властивостей робочих поверхонь деталі.*

1. **Пластичність** – це здатність металу при певних умовах під дією навантаження змінювати форму і розміри деталі без руйнування її.

Пластичну деформацію використовують у спеціальних пристосуваннях і, зокрема, в пресах. При обробці у холодному стані пластична деформація відбувається за рахунок зрушення (зсому) окремих частин кристалів відносно один одного, по площинах ковзання. Цей зсув (зрушення) супроводжується викривленням кристалічної решітки і призводить до його зміщення. Це явище посилення (зміцнення) металу дістало назву **наклеп**. Пластична деформація у холодному стані вимагає більших зусиль, тому деталі часто нагрівають до таких умов:

$$t_{\text{пласт.}} < t_{\text{нагр.}} < t_{\text{вигорання}}$$

$t_{\text{вигорання}}$  для вуглецевої сталі – 800-1200<sup>0</sup>C  
для легуючих сталей - 850-1160<sup>0</sup>C  
для бронзи - 700-800<sup>0</sup>C

Тех. процеси відновлення засереджує у собі:

- підготовка деталей;
- деформування;
- обробка.

Підготовка включає в себе відпал (отжиг) або високий відпуск перед холодним деформуванням або нагрів при гарячому деформуванні. Технічній обробці не піддаються деталі з високою міцністю, а також деталі з кольорових металів. Обробка після деформації зводиться до механічної обробки робочої поверхні відновлювальної деталі до величини початкового розміру. Тех. процес відновлення деталі пластичним деформуванням залежить від матеріалу, конструкції, термічної обробки (ТО), прийнятого способу нагріву, а також до технічного оснащення. Залежно від напрямку дії зовнішніх сил перерозподілу металу в ремонтному виробництві з допомогою пластичної деформації відновлюють **перший дефект** – викривлення геометричних форм і розмірів робочої поверхні деталі. Крім того, при допомозі пластичної деформації

відновлюють фізико-механічні властивості матеріалу відновлювальної деталі (третій дефект). Відновлення робочої поверхні досягається за рахунок **осадки, роздачі, обтиснення, витяжки, накатки**.

Осадку застосовують для зменшення внутрішнього і збільшення зовнішнього діаметру порожніх деталей, а також для збільшення зовнішнього діаметру суцільних деталей, за рахунок зменшення їх довжини. При цьому напрямок сили не співпадає з напрямком величини деформації деталі. Осадково відновлюються втулки, вилки карданних валів, ступиці.

**Роздача** – застосовується для підвищення зовнішніх розмірів порожніх деталей за рахунок підвищення їх внутрішніх розмірів. Вона характеризується співпадом напрямку деформуючої сили  $P$  з напрямком величини деформації.

Роздачею відновлюються поршньові кільця, компресора, посадочні поверхні під підшипники.

**Обтиснення** – для зменшення внутрішнього діаметру порожніх деталей за рахунок зменшення їх зовнішнього діаметру. Проводять під пресом у спеціальних пристосуваннях. Застосовують для відновлення отворів у проушинах, керових (рульових) сошок, важелевих поворотах цапф.

**Витяжку** використовують для збільшення довжини деталі за рахунок місцевого обтиску. Витяжкою відновлюють довжину тягових штовхаїв та інші деталі.

**Накатка** застосовується для збільшення зовнішніх або зменшених внутрішніх діаметрів шляхом витіснення металу окремих ділянок робочої поверхні. При ній деталь встановлюється в патрон або ж у центр токарного верстата, а оправку з накатковим роликом або шариком (кулькою) встановлюють на супорт верстата замість різця. У процесі накатки необхідно одержати відновлення робочої поверхні з високою несучою здатністю без порушення структури металу. Оцінюючи пластичне деформування, як спосіб відновлення геометричних форм і розмірів, слід відзначати переваги:

1. простота технологічного процесу;
2. простота обладнання;
3. висока економічність, ефективність процесу, тому що відсутнє витрочання металу.

Недоліки:

1. обмеженість номенклатури деталей;
  2. неможливість повторного відновлення;
  3. зниження механічної міцності.
2. В наслідок деформації згину і скручування деталі втрачають свою початкову форму. В ремонтному виробництві застосовують два способи правки: **статичне занурення** з застосуванням пресу, як правило, в холодному стані – **наклеп**. Щоб при правці мати (цілковиту) кінцеву деформацію, деталь згинають у напрямку,

зворотньому початковому прогину. Вантаж накладають декілька разів протягом 1,5 – 2 хв., при цьому при холодній правці в деталях виникає внутрішня напруга. Для підвищення стабільності правки і підвищення несучої здатності після правки деталь піддають технічній обробці.

Правка під пресом знімає сталісну міцність деталей приблизно на 20%. Правка наклепом дозволяє усунути недоліки, властиві правці статичною напругою. Сутність правки наклепом полягає в тому, що при ударі по нерівній поверхні деталі утворюється напруга стиснення, яка змушує деталь вирівнюватися. Розміри ділянок для наклепу залежать від ступеня згину, форми і розмірів. Правку з попереднім нагрівом проводять при великих деформаціях. Деформовані ділянки нагрівають до температури 800-900<sup>0</sup>С . Така величина температури дозволяє знизити зусилля деформування. Але при цьому змінюється структура металу і його складу. Після правки деталь піддають термічній обробці і механічній обробці.

3. В ході відновлення деталей різними методами вони втрачають свою первісну сталісну міцність. Застосовуючи певні способи пластичної деформації сталісна міцність збільшується до 70%, а зносостійкість – у 1,5 – 2 рази. До найбільш розповсюджених методів відновлення механічних властивостей матеріалу слід віднести:

1. обкатку робочих поверхонь деталі шариками або роликами;
2. алмазне вирівнювання;
3. дробоструменева обробка;
4. (чеканка) карбування

Обробка шариками і роликами проводиться на токарних верстатах при допомозі накаток. Для одержання поверхонь з властивостями, які вимагаються, необхідно збільшити число проходів. При цьому знижується продуктивність обробки. Великий тиск призводить до перенапруги і навіть до руйнування, зниження строку служби. Величина зусилля обкатки визначається дослідним шляхом. У залежності від виду обробки поверхні розроблені конструкції накаток для обробки валів, отворів, конічних і сферичних поверхонь.

Алмазне вирівнювання є ефективним методом зміцнення деталі, його сутність полягає в обробці поверхневого шару деталі інструментом, робочою частиною якого є сферична поверхня алмазного кришталю з радіусом закруглення 1 – 3 мм. Алмаз встановлюється у накінецьник, який входить в пружинну оправку, заправлену в супорті токарного верстата. Режим обробки алмазним вирівнюванням: подача 0,02 – 8 мм за оберт, V – вирівнювання 40 – 100 л/хв., зусилля накінецьника – 150-300 Н.

Особливим для методу є те, що обробка здійснюється за 1 прохід. Зусилля вирівнювання обумовлені фізико-механічними властивостями металу, розмірами і формою оброблюваної поверхні і радіусом алмазу.

За оптимальне зусилля приймають таке, при якому досягається мінімальна шорсткість, яка знаходиться у межах 0,04 – 0,08 мм.

Дробоструменева обробка служить для зміцнення ресор, пружин, валів, зубчатих коліс і зварних швів, для підвищення їх сталісної міцності від 20 до 60%, а твердості до 40%. Розмір дробу вибирається залежно від розміру оброблювальних деталей і шорсткості поверхні після обробки.

Кольорові сплави обробляються Al або сталевим дробом.

Стальні деталі – дробом, виготовленим із відбільного чавуну або сталевих дротів.

Карбування виготовляється наклепом поверхні деталі, ударами спеціальних бійків, внаслідок чого на поверхні утворюється висока напруга і стиснення. В результаті НВ робочої поверхні збільшується на 30-50%.

## Лекція №12 ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РС ПАЯННЯМ

1. *Фізична сутність відновлення деталей паянням, класифікація і галузь застосування.*
2. *Технічні процеси паяння низькотемпературним припоєм.*
3. *Технічні процеси паяння високотемпературним припоєм.*

Паянням називається такий технічний процес отримання нероз'ємних з'єднань деталей у твердому стані при допомозі розплавленого металу, названого припоєм.

Кромки (краї) з'єднувальних деталей при паянні нагрівають до такої температури, при якій припій повністю розплавлюється, змочує поверхні і заповнює отвір між ними.

При охолодженні припій кристалізується і утворює досить міцне з'єднання деталі.

Ступінь міцності паяння залежить від ступеня дифузії розплавленого припою і підігрітого металу з'єднаних деталей.

Ступінь дифузії залежить від:

- 1) Властивості припою;
- 2) Властивості основного металу;
- 3) Чистоти поверхні;
- 4) Від часу витримки при цій температурі.



Температура паяння і час витримки повинні бути оптимальними. На міцність паяння великий вплив має величина отвору між з'єднувальними деталями.

Технічне застосування паяння – в ремонтному виробництві РС, при відновленні трубопроводів, приладів, вузлів СЕС.

Для припою використовується як чистий метал, так і його сплави. По температурі плавлення припій класифікують на:

- низькотемпературний (температура плавлення менше  $450^{\circ}\text{C}$ );
- високотемпературний (температура плавлення більше  $450^{\circ}\text{C}$ ).

До припоїв у цілому ставлять такі вимоги:

- температура плавлення припою повинна бути менше температури плавлення металу;
- припій повинен добре з'єднувати робочі поверхні;
- припій має забезпечувати одержання з'єднань із механічними властивостями, які вимагаються, а також мати антикорозійні властивості і електропровідність.

Усім вимогам підходять:

1. олов'яно-свинцеві припої;
2. мідно-цинкові припої;
3. срібні припої;
4. алюмінієві припої.

**Олов'яно-свинцеві** відносяться до низькотемпературних припоїв (менше  $280^{\circ}\text{C}$ ), їм властиві висока антикорозійна стійкість і високі технологічні властивості. Широке застосування ПОС-40, ПОС-60.

**Мідно-цинкові** – високотемпературні припої (менше  $825^{\circ}\text{C}$ ). У цих припоях міді – 30-60%. Висока антикорозійність, відносяться до шкідливого виробництва, застосовуються при паянні сталевих і чавунних металів. У ремонтному виробництві знаходять застосування ПМЦ-54, Л-63, ЛОК-62-04-06.

**Срібні** застосовуються тоді, коли припій повинен мати механічну міцність, підвищену антикорозійність, коли міцне паяння не повинно знижувати електропровідність деталі. Являють собою сплав срібла, міді і цинку. Срібла – 10-90%, з підвищенням місткості срібла міцність паяння зростає. В ремонтному виробництві застосовується ПСр-70, -66, -20.

Припої для паяння Al бувають високотемпературні на основі Al і низькотемпературні на основі олова, цинку і кадмія. Температура початку плавлення подібна одна до одної. Перевагою є висока стійкість проти корозії, а також механічна міцність. Для видалення з поверхні з'єднувальних деталей окислених плівок і захисту деталей від окислення в т.п. паяння застосовують флюси.

Вони повинні:

1. Вступати у взаємодію і розчинювати окисел;
2. Зменшити силу поверхневої натяжки розплавленого припою і поліпшити його розтікання;
3. Добре змочувати у розплавленому стані металеві поверхні;
4. Не виявляти корозійного впливу;
5. Легко видалятися після паяння.

Склад флюса залежить від складу припою і металу. Наприклад, при олов'яно-свинцевих припоях для паяння сталевих деталей як флюс застосовують  $H_2O$ , розчини  $Zn$  і амонія (нашатир). Для паяння деталей електричного обладнання застосовують каніфолі. При мідно-цинкових припоях використовують як флюси буру або її суміш з борною кислотою. При срібних припоях – суміш фтористого калія і борного ангідриду. При алюмінієвому паянні – застосовують спецфлюси – із суміші хлористих солей  $K$ ,  $Li$ ,  $Na$ ,  $Zn$ . Олов'яно-свинцеві припої: робиться підготовка і обробка після пайки.

При підготовці деталей до паяння роблять зачистку країв (кромek) від забруднень і окислів, прогрівають до температури плавлення, флюсування і лужіння з'єднувальних поверхонь.

Складання (збірка) деталей з забезпеченням отворів між з'єднувальними поверхнями знаходяться в межах 0,05 – 0,2 мм. Паяння виконується паяльником, при цьому краї деталей і припій нагрівають до температури нагріву (від 40 до 50<sup>0</sup>C).

**2-й спосіб** Занурення деталей в розплавлений припой.

Обробка після паяння:

- повільне охолодження;
- промивка шва гарячою водою;
- зачистка від наплав припою.

Пайка  $Al$  і його сплавів є низькотемпературною і проводиться абразивним або ультразвуковим паяльником.

При паянні абразивним паяльником деталь підігрівають до температури плавлення припою, а потім облужують, натираючи абразивним стержнем паяльника порошком із припою і асбесту.

3. Високотемпературні припої застосовуються при суненні механічних пошкоджень, при відновленні трубопроводів, електричних апаратів та інших деталей РС. Він складається з:

- підготовки деталей;
- паяння;
- обробки після паяння.

Підготовка ще полягає і у виготовленні накладок для зарівнювання пробоїн; для вирівнення країв тріщини.

При підготовці і паянні деталей з Al обов'язкова операція знежирення домішок з застосуванням розчину кальценованої соди з наступним промиванням водою. Деталь у місці паяння нагрівають до температури, що у декілька разів перевищує температуру повного розплавлення припою, а потім відповідно до вимог витримують деякий час.

Залежно від нагріву розрізняють такі способи паяння:

- газополум'яне паяння;
- електроопором;
- індукційний метод паяння;
- нагрів у печах;
- нагрів у солоних ваннах;
- плазмовий;
- лазерний;
- електронно-променевий.

Найбільшого розповсюдження набув технічний процес з газополум'яним способом паяння. При цьому використовують газовий паяльник. Цей спосіб забезпечує високу якість, але потребує добрих навиків для контролювання температури.

Припій вводять у вигляді прутка (дротика), аналогічно як і при газозварюванні. Флюс на місце паяння наносять заздалегідь, після чого при допомозі паяльника підігрівують краї деталей і тільки після розплавлення флюса вводять припій.

Паяння електроопором забезпечує достатньо високу якість з'єднання деталей. Деталь нагрівають теплом, яке виникає при проходженні електричного струму. Такий вид паяння проводять на точкових, стикових і роликкових електричних контактних зварювальних машинах. Такий вид паяння здебільшого виконують без флюса, а якість паяння досягається за рахунок швидкого нагріву поверхней деталей. При паянні з застосуванням ТВЧ для нагріву деталі з нанесеним флюсом і припоєм деталь поміщають в індуктор, який живиться від генератора ТВЧ. Цей спосіб підвищує продуктивність, однак вимагає виконання складної обробки.

Паяння у печах – прогресивний спосіб, якій здійснюється в повітряних, нейтральних і активних середовищах.

Переваги:

- можливість контролю температури паяння і час при цій температурі;
- можливість глибокого і рівномірного прогрівання деталі.

Недоліки:

- загальний контроль деталі, який приводить до порушень термообробки.

## Лекція №13 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБУВАЛЬНОГО ПОКРИТТЯ

1. *Характеристика технологічних операцій при нанесенні лакофарбувального покриття.*
2. *Аналіз способів очищення лакового покриття.*
3. *Сушіння і контроль якості лакового покриття.*

Технічний процес нанесення лакового покриття включає в себе:

- приготування лакофарбового покриття;
- підготовка поверхні до нанесення лаку;
- нанесення лаку;
- сушіння поверхні, пофарбованої лаком;
- контроль якості.

Приготування лаку виконується безпосередньо перед нанесенням його на поверхню.

Основні вимоги, які ставляться до фарби, полягають у тім, щоб забезпечити в'язкість фарби. В'язкість фарби визначається вискозиметром (ВЗ-4).

Процес підготовки поверхні полягає в видаленні жиру, забруднень, корозійних пошкоджень і старої фарби.

Підготовка поверхні:

- очищення;
- знежирювання;
- миття;
- сушіння.

Способи підготовки:

- механічний;
- хімічний;
- піскоструменний;
- дробоструменний.

Знежирення і травлення забезпечується шляхом струменної обробки деталей розбризкуванням форсункою. Після хімічної обробки деталей промивають протягом 2 – 3 хвилин холодною або гарячою водою. Сушіння полягає в тім, що деталь пропускають через підігріте повітря 115-120 °С до повного зникнення слідів вологи.

Нанесення лакофарбового покриття:

- ґрунтування;

- шпаклювання;
- фарбування.

**Грунтування** – нанесення шару лакофарбового покриття на очищену, знежирену, промиту і сушу поверхню деталі.

Основні переваги - висока зчиплюванність.

Лак наноситься на поверхню деталі пневматичним розпилювачем. Останнім часом найбільшого розповсюдження набули “перетворювачі ржавчини”. Вони, потрапляючи на іржаву поверхню, вступають з нею у взаємодію із з’єднанням Fe і переводять їх у хімічні речовини, що не розчиняються у воді.

**Шпаклювання** призначено для вирівнювання поверхні шаром до 0,5 мм.

Фарбування – чистка:

- струменним обливом;
- повітряним розпиленням;
- безповітряним розпиленням;
- розпиленням в електростатичному полі.

Сушіння може бути:

- природним (при температурі 20 °С і волозі 70%);
- штучне (при температурі від 30 до 60 °С).

Природне сушіння триваліше. Сушіння вважається закінченим, якщо при дотику до пофарбованої поверхні протягом 5 секунд на ній не залишається слідів. Штучне сушіння забезпечує кращу щільність, водо- і маслостійкість, газонепроникність. Дозволяє наносити лакофарбове покриття безперервно і тим самим зберегти довготривалість.

При ремонті застосовують такі способи сушіння:

1. конвенкційний;
2. терморадіаційний;
3. індукційний.

**Перший спосіб** – спосіб, при якому нагріта пофарбована поверхня деталі знаходиться в циркуляційному гарячому повітрі.

**Другий спосіб** – оснований на поглинанні інфрачервоних променів лакоплівкою і всієї пофарбованої поверхні деталі. При цьому нагрів місця поверхні фарби за рахунок переходу променистої енергії у теплову. Процес висихання йде від металичної поверхні до поверхневого шару, при цьому розчинник без перешкод переходить через верхні шари фарби, які не встигли затвердіти. Пористість відсутня.

**Третій спосіб** заснований на властивостях металичних деталей нагріватися при знаходженні у індукторі, по обмотці якого пропускають струм промислової або

високої частоти. Вихреві струми, що виникають при цьому в деталі, нагрівають її і аналогічно терморадіаційному способу проходить сушіння.

Недоліки- велике втрачання електроенергії.

Контроль качества відбувається по слідуючими вимогами:

- по кольору;
- по чистоті;
- по глянцю;
- по твердості плівки – основний показник.
- міцність в маслі, воді, розчиннику.

## Лекція № 14 КОМПЛЕКТАЦІЯ І СКЛАДАННЯ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ

1. *Сутність комплектації.*
2. *Сутність складання.*
3. *Балансування деталей.*

Комплектування являє собою частину виробничого процесу, яки призначений для забезпечення безперервності.

У процесі комплектування виконуються такі роботи:

- накопичення;
- облік і зберігання;
- оперативна інформація відповідних служб підприємства про відсутні комплектуючи деталі;
- підбірка спряженої деталі по ремонтним розміткам;
- підбір і пригонка деталі в окреми з'єднання;
- підбір і пригонка складових частин складання комплекту за номенклатурою і кількістю;
- заставка зібраних комплектів ГОСТам складання.

Найвідповідальнішим завданням є підбір деталей за розміром для забезпечення вилич точності складання. Розрізняють три способи підбору деталей у комплект:

1. штучний;
2. груповий;
3. змішаний.

При штучному способі комплектуючи підбирають у дет. даного спряження (з'єднання). Виходячи з вимог добору.

При груповому комплектуванні допусків і розмірів обох деталей розбивають на декілька інтервалів. Деталі сортують на розмірні групи. Номерують цифрами, буквами або фарбами.

По групах деталі сортують шляхом заміру інструментом, у тому числі калібрами.

При змішаному комплектуванні виключають обидва методи.

Більш важливі деталі комплектують груповим способом, а менші – штучним.

Комплектація супроводжується слюсарнопідготовчими операціями, що полегшує складання, найчастіше застосовують обпиловку, зачистку, шобрування, притирання, полірування, розвертання відвалів.

При складанні вузлів РС застосовують різьбові з'єднання, пресові, шліцові, шпонкові і т.д., а також дається аналіз усіх з'єднань.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Зубенко Денис Юрійович, Голтв'янський Микола Антонович**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

*(для студентів 4 курсу денної та 5 заочної форм навчання за  
напрямом підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка» спеціальності  
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)*

Відповідальний за випуск В. Х. Далека

Редактори: К. В. Дюкар

Комп'ютерне верстання: О. А. Балашова

План 2010, поз. 77 Л

---

Підп. До друку 12. 05. 2010  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,8  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул.. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.